Untersuchungen über Entwicklung und Zusammensetzung der Kartoffelpflanze unter dem Einfluß verschiedener Düngung.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Georg-August Universität

zu Göttingen

vorgelegt von

Werner Huxdorff

aus Hamburg.

1925

Untersuchungen über Entwicklung und Zusammensetzung der Kartoffelpflanze unter dem Einfluß verschiedener Düngung.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Georg-August Universität

zu Göttingen

vorgelegt von

Werner Huxdorff

aus Hamburg.

Referent: Professor Dr. O. Tornau.

Tag der mündlichen Prüfung: 29. April 1925.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die bisher veröffentlichten wissenschaftlichen Arbeiten, die sich mit einer Untersuchung der Beeinflussung der Kartoffel durch verschiedene Düngung befassen, behandeln in ihrer größeren Mehrheit die Frage, wie die Zusammensetzung des Aschengehaltes der Knollen sich während der Vegetation ändert. Nur sehr wenige Abhandlungen beschäftigen sich mit der Einwirkung der Nährstoffe auf die Ausbildung der Gewebe und auf den vegetativen Aufbau des Krautes und der Knollen. Eine zusammenfassende Betrachtung über alle diese Veränderungen bei derselben Pflanze lag bisher noch nicht vor. Und doch wird es nur auf Grund einer solchen zusammenfassenden Betrachtung möglich sein, ein deutliches und übersichtliches Bild über die Auswirkung der einzelnen Nährstoffe oder Nährstoffkombinationen zu bekommen, um dadurch zur Lösung der Frage beizutragen, unter welchen Nährstoffverhältnissen sich das Leben der Kartoffel am günstigsten gestaltet.

Zu den Untersuchungen wurden als Material Kartoffeln des Göttinger E-Feldes benutzt; die gefundenen Ergebnisse verdienen insofern Interesse, als auf dem E-Feld schon zwei ähnliche Arbeiten angefertigt waren von Hecke und Rostworowski. Hecke hatte im Jahre 1895 Untersuchungen angestellt über den Verlauf der Nährstoffaufnahme der Kartoffelpflanze bei verschiedenen Düngungen.[1]) Rostworowskis Arbeit aus dem Jahre

[1]) Journ. f. Landw. 1895.

1912 behandelte die Wirkung der einseitigen Düngung auf die Zusammensetzung der Kartoffelasche.[1]) Auf Grund der Ergebnisse jener Arbeiten und der vorliegenden Untersuchungen wird es zugleich möglich sein, einen Einblick zu bekommen, wie sich die Parzellen des Göttinger E-Feldes infolge der einseitigen Düngung im Laufe der Jahre verändert haben.

Nährstoffverhältnisse des Göttinger E-Feldes.

Das Göttinger E-Feld wird seit 1874 nach einem bestimmten Plan gedüngt und seit 1897 in fester Fruchtfolge bewirtschaftet; es eignet sich daher in hervorragendem Maße zum Studium der Wirkung einseitig und unvollständig gedüngten Bodens. Das E-Feld ist in acht Schläge eingeteilt; jeder Schlag des Feldes liegt in acht Teilstücken von je 50 qm, die nach folgendem Plane gedüngt werden:

1	2	3	4	5	6	7	8
K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP

Die Parzellen sind durch 50 cm breite Wege von einander getrennt und an den Seiten des E-Feldes mit 1 m breiten Schutzstreifen versehen.

Tabelle 1.

Gehalt von 100 g wasserfreiem Boden an wurzellösl. Kali, Phosphor, Stickstoff.

Parzelle		K mg	N mg	P mg	KNP mg	O mg	KN mg	KP mg	NP mg
Kali	Krume	35,00	8,69	4,10	34,56	9.29	44,58	43,28	5,77
	Untergr.	—	6,98	5,08	18,47	5,44	15,31	13,20	3,56
Phosphor	Krume	9,25	8,00	12,86	14,32	10,50	10,94	15.06	13,07
	Untergr.	8,14	10,07	11,52	14,25	7,51	10,11	15,03	11,85
Stickstoff	nach BEHRISCH	114,9	115,4	112,7	114,0	108,3	105,7	98,1	101,8
	nach v. SEELHORST	111,0	118,0	108,0	102,0	111,0	112,0	107,0	110,0

Auf den Parzellen ist naturgemäß sehr bald eine Ausraubung der nicht in der Düngung gegebenen Nährstoffe eingetreten. Wie weit diese Ausraubung gegangen ist, wurde im Mai 1924 durch eine Bodenuntersuchung nach der Methode NEUBAUER sehr gut

geklärt. (Tab. 1.) Die Bodenprobe wurde allerdings nicht dem Schlage, auf dem die untersuchten Kartoffeln gestanden hatten, sondern einem andern Schlag des E-Feldes entnommen; doch ist bei der regelmäßig durchgeführten Fruchtfolge und gleichmäßigen Behandlung der Teilstücke mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, daß die Unterschiede in den Bodennährstoffmengen zwischen den entsprechenden Parzellen mit derselben Düngung nur sehr gering sind; es wird daher berechtigt sein, anzunehmen, daß die für den einen Schlag gemachten Feststellungen auch für einen anderen zutreffen.

Zur Zeit dor Probeentnahme war die Düngung in den Ausmassen, wie jährlich auf allen Schlägen üblich ist, schon vollzogen; durch sie wird nur eine geringe Beeinflußung der Nährstoffvorräte des Bodens stattgefunden haben.

Über den Stickstoffgehalt des E-Feldes waren die letzten Untersuchungen im Jahre 1921 von Behrisch[1]) ausgeführt; zum Vergleich sind in der Tabelle die Ergebnisse herangezogen, die v. Seelhorst[2]) für das Jahr 1901 angibt. — Nach den neusten Forschungen sollen zur Erzielung einer Kartoffelhöchsternte in 100 g wasserfreiem Boden 37 mg Kali und 10 mg Phosphor in pflanzenlöslichem Zustand vorhanden sein. — Interessant ist daraufhin ein Vergleich der Nährstoffvorräte der Parzellen KNP und KN: Die Parzelle KN scheint mit 44,58 mg Kali und 10,94 mg Phosphor besser dazustehen, als Parzelle KNP mit 34,56 mg Kali mit 14,32 mg Phosphor; jedoch geht aus den Ergebnissen der Gesamternte (Tabelle 11) hervor, daß die Parzelle KNP 53,2 g oder ungefähr 10% mehr Knollen geliefert hat. Da auch in der Gesamtentwicklung des Krautes KN von KNP übertroffen wurde (Tab. 8), ist diese Mehrleistung nur durch einen geringeren Stickstoffgehalt der Parzelle KN zu erklären. In der Tabelle wird diese Annahme bestätigt; trotz der jährlich gleichmäßig erfolgenden Stickstoffdüngung war Parzelle KN stärker an Stickstoff ausgenutzt. Der Unterschied betrug im Jahre 1921 8,3 mg oder ungefähr 8%. Er ist allerdings nur geringfügig. Anscheinend ist doch der höhere Phosphorsäuregehalt des Teilstücks mit Volldüngung von Bedeutung gewesen.

---

[1]) Chemische Untersuchungen über die Nährstoffverhältnisse des Göttinger E-Feldes S. 49.

[2]) Das E-Feld des landw. Versuchsfeldes der Univers. Göttingen S. 41.

Ebenso interessant ist ein Vergleich der Parzelle P mit der ungedüngten Parz. O. Die Erträge an Kartoffeln waren nicht nur in dem betreffenden Versuchsjahr, sondern auch vorher auf der Parzelle O regelmäßig höher als auf Parz. P (vergl. von SEELHORST, das E-Feld des landw. Versuchsfeldes der Univers. Göttingen S. 39). HECKE[1]) machte bei seiner Arbeit dieselbe Feststellung; er führte als Grund für die schlechtere Entwicklung und den Minderertrag eine Schädigung des Wurzelsystems durch Phosphor an. Tatsächlich war ja der Gehalt an Phosphor bei Parzelle P um 2,36 mg höher als bei Parzelle O; aber es ist nicht anzunehmen, daß dieser geringe Unterschied schon genügte, um den Ertrag herabzusetzen. Die Ursache hierfür lag jedenfalls in dem Gehalt des Bodens an Kali: Parzelle P hatte auf 100 g wasserfreien Boden nur 4,10 mg Kali, Parz. O dagegen 9,29 mg. Bei der Wichtigkeit des Kalis für das Wachstum der Kartoffel erscheint es berechtigt, den geringeren Ertrag auf den größeren Kalimangel zurückzuführen.

Der Gehalt an Phosphor war auch bei den nicht mit diesem Nährstoff gedüngten Parzellen verhältnismäßig hoch; eine direkte Ausraubung hat trotz 50jähriger unzureichender Düngung noch nicht stattgefunden. Aus diesem Grunde werden bei den Pflanzen der erwähnten Parzellen richtige Phosphor-Mangelerscheinungen nicht auftreten können. Der Ertrag wird auf ihnen höher und der vegetative Aufbau wie der Aschengehalt anders sein, als nach der Düngung allein zu erwarten wäre.

Witterungsverhältnisse 1923.

Tabelle 2.

Zeit	Temperatur in 10 cm Tiefe °	Maximal Temper. °	Minimal Temper. °	Regen Höhe mm	Sonnenschein in Stunden Stunden
Mai	12,4	13,80	7,40	126.0	136
Juni	12,9	15,08	8,16	62,9	70
Juli	29.0	24,70	12,40	51,7	241
August	18,1	21,35	10,26	61,2	211

Die Witterungsverhältnisse des Jahres 1923 (Tab. 2) wichen von dem Durchschnitt der letzten Jahre ab: sie zeigten eine größere Regenhöhe, die sich besonders im Mai bemerkbar machte.

[1]) Nährstoffaufnahme der Kartoffelpflanze bei verschiedenen Düngungen S. 401.

Dadurch wurde die Anfangsentwicklung der Kartoffeln gefördert und es ist anzunehmen, daß die Unterschiede zwischen den Pflanzen der einzelnen Parzellen dadurch gut herausgearbeitet wurden. Andererseits brachte der häufige Regen den Nachteil, daß die Ernten während der Vegetation nicht wie beabsichtigt alle 14 Tage, sondern in unregelmäßigen Zeiträumen vorgenommen werden mußten. — Sehr störend wirkte ein Hagelschlag nach der fünften Ernte im Anfang August, der durch die starke Beschädigung das Absterben der Pflanzen beschleunigte und eine genaue Beobachtung desselben verhinderte.

Anlage des Versuchs.

Als Versuchsmaterial diente die Ebstorfer Juliperle. Vorfrucht waren Vietsbohnen. Die Bestellungsarbeiten waren folgende:

17. November 1922: umgegraben;
29. März bis 5. April: gedüngt;
Parz. 1 4 6 7 je 1 kg 50prozent. Kali;
„ 3 4 7 8 je 1 kg 18prozent. Superphosphat;
„ 2 4 6 8 je 2 kg 21prozent. Ammonsulfat;
15. April gehackt, doppelt geeggt, Kartoffeln ausgelegt: 50 : 50 cm.
18. Mai: Aufgang;
2. Juni: Mit Hackpflug gehackt;
8. Juni: Mit Handhacke gehackt.

Eine Beeinträchtigung der Pflanzen durch Krankheiten und Schädlinge fand nicht statt.

Während der Vegetation wurden 6 Ernten vorgenommen: am 7. und 26. Juni, am 7. und 20. Juli, am 4. und 22. August. Bei den beiden ersten Ernten waren noch keine Knollen vorhanden, bei der letzten Ernte waren Stengel und Blätter für die mikroskopischen Untersuchungen gar nicht, für die chemische Untersuchung nur bei sehr vorsichtiger Verwertung der Ergebnisse zu verwenden. — Um die Zahl der mikroskopischen Präparate nicht zu sehr zu vermehren, wurde bei den Stengeln und Blättern nur die 4. und 5., bei den Knollen die 4., 5. und 6. Ernte untersucht; bei jeder Ernte wurden von jeder Parzelle 10 Pflanzen entnommen; von ihnen wurden 5 zur mikroskopischen Untersuchung in Formalinlösung konserviert, die übrigen 5 zur Lufttrockne getrocknet, zu feinem Pulver gemahlen und bis zur chemischen Untersuchung in verschlossenen Glasgefäßen aufbewahrt.

Um ein klares Bild zu bekommen, wie Wachstumsverlauf und Zusammensetzung des Aschengehaltes der Kartoffel durch unzureichende Düngung abgeändert wurden, ist es angebracht, zuvor erst klar zu legen, wie die Kartoffel sich unter normalen Verhältnissen entwickelte. Zu dieser Betrachtung sind die Pflanzen der Volldüngungsparzelle am geeignetsten, da bei ihnen Aufbau und Entwicklung am zweckmäßigsten gewesen waren, um den höchsten Ertrag zu erzielen.

Der Einfluß der Vegetationsperiode auf den Aufbau der Kartoffelpflanze.

Allgemeine Entwicklung von Kraut und Knollen der Parzelle KNP.

Tabelle 3.

Ernte am:	Kraut							Knollen		
	Frisch-gewicht g	Stengel- Zahl	Stengel- Länge cm	Blätter Zahl	Blätter Länge cm	Blätter Breite cm	Form	Frisch-gewicht g	Zahl	Durchschnittsgewicht g
7. Juni . .	18,3	4,6	5,6	24,7	—	—	—	—	—	—
26. „ . .	99,2	5,0	17,2	44,0	—	—	—	—	—	—
7. Juli . .	256,3	7.0	27,8	72,9	—	—	—	43,1	10,9	3,96
20. „ . .	613,6	8,1	50,2	111,1	6,22	3,82	1 : 1,63	291,7	22,1	13,20
4. August .	421,7	6,5	46,4	86,5	6,18	4,12	1 : 1,51	495,2	20,0	24,76
22. „ .	—	—	—	—	—	—	—	540,5	16,0	33,81

Das Jugendwachstum der Kartoffelpflanzen war von Beginn der Entwicklung an gleichmäßig und sehr intensiv. Das Gesamtgewicht des Krautes (Tab. 3) vermehrte sich bis zum 20. Juli bis auf 613,6 g. Zu demselben Zeitpunkt war die durchschnittliche Stengelzahl mit 8,1 am höchsten. Ebenfalls hatte die Stengellänge mit 50,2 cm und die Zahl der Blätter mit 111,1 ihr Maximum erreicht. Bis zum 4. August trat ein kräftiger Rückgang im Gesamtgewicht bis auf 421,7 g ein. Jedoch war das Wachstum der einzelnen Blättchen noch nicht abgeschlossen; wenn auch ihre Länge nur wenig verändert wurde, so trat doch noch ein kräftiges Breitenwachstum von 3,82 auf 4,12 cm ein.

Im Anfang Juli wurden die ersten Knollen angesetzt. Ihr Gewicht stieg bis zum 4. August auf 495,2 g. Die weitere Zunahme bis zum 22. August war nur gering: sie betrug 45,3 g. Die Hauptproduktionszeit lag also im Juli. Die Anzahl der Knollen hatte am 20. Juli mit 22,1 ihren Höchstwert erreicht; die Neubildung war also zu diesem Zeitpunkt vollkommen abgeschlossen. Das durchschnittliche Gewicht betrug am 22. August 33,81 g.

Über das Absterben des Krautes konnten wegen des Hagelschlages im Anfang August und der dadurch entstandenen Schädigung keine genauen Aufzeichnungen gemacht werden.

Mikroskopische Untersuchungen der Stengel.

Tabelle 4.

Ernte am	Stengel-Durchm.	Epidermis		Chlorophyll-schicht		Kollenchym			
		Zellen-Größe	Stengel-Anteil	Zellen-Größe	Stengel-Anteil	Durch-messer	Stengel-Anteil	Zahl der Schicht.	Zellen-Größe
	mm	µ	%	µ	%	µ	%		µ
20. Juli	5,0	24,0	0,480	25,0	0,500	87	1,74	3,5	25,2
	6,25	26,7	0,427	30,3	0,485	96	1,54	3,3	29,1
	7,5	28,1	0,375	32,2	0,429	116	1,55	3,7	31,4
4. Aug.	5,0	24,2	0,484	25,5	0,511	89	1,73	3,7	24,1
	6,25	28,1	0,448	32,5	0,521	96	1,54	3,6	27,0
	7,5	27,3	0,363	33,4	0,446	109	1,45	3,4	32,1

Ernte am	Stengel-Durchm.	Rindenparenchym				Siebteil		Holzteil	
		Durch-messer	Stengel-Anteil	Zahl d. Schicht	Zellen-Größe	Durch-messer	Stengel-Anteil	Durch-messer	Stengel-Anteil
	mm	µ	%		µ	µ	%	µ	%
20. Juli	5,0	195	3,91	4,3	45,3	92	1,84	242	8,45
	6,25	257	4,12	4,3	59,8	122	1,96	492	7,87
	7,5	321	4,28	5,1	63,0	133	1,78	540	7,20
4. Aug.	5,0	212	4,24	4,4	48,2	87	1,74	433	8,66
	6,25	267	4,27	4,7	56,7	120	1,90	475	7,61
	7,5	290	3,87	4,6	63,0	125	1,66	538	7,17

Ernte am	Stengel-Durchm. mm	Bastfasern: Zahl auf 500 μ	Bastfasern: im Verh. zum Bastring	Bastfasern: Maxim. Durchmesser μ	Bastfasern: Minim. Durchmesser μ	Maximaler Durchmesser der Holzgefäße μ
20. Juli	5,0	13,0	17,5	41,0	20,0	100
	6,25	13,5	22,3	42,0	23,5	105
	7,5	11,5	24,4	42,0	22,0	107
4. Aug.	5,0	16,8	22,1	38,0	17,5	97
	6,25	12,7	21,5	42,0	22,5	115
	7,5	13,5	28,2	43,0	25,0	110

Zur mikroskopischen Untersuchung der Stengel (Tab. 4) wurden von jeder aufbewahrten Pflanze der 4. und 5. Ernte die 2 typischsten Stengel ausgewählt und aus jedem in $^1/_5$ der Gesamtlänge 3—5 vollständige Querschnitte mit dem Mikrotom nach vorhergegangener Paraffineinbettung hergestellt. Die fertigen Präparate wurden, um miteinander in Vergleich gesetzt werden zu können, in Größenordnungen von 3,75, 5,0, 6,25 und 7,5 mm Durchmesser eingeteilt.

Für die Messungen der Zellen und Gewebe wurden von der Epidermis, der Chlorophyllschicht, dem Kollenchym und dem Rindenparenchym die Abschnitte zwischen den Leisten, von dem Holz- und Siebteil die Hauptstränge in den Leisten des Stengels zur Untersuchung herangezogen. Bei allen diesen Geweben wurde festgestellt, daß sie mit fortschreitendem Dickenwachstum des Stengels immer mehr im Verhältnis zum Stengeldurchmesser zurücktraten. Dieser relative Rückgang war bei den einzelnen Geweben verschieden. Am stärksten war er bei den Schutz- und Stützgeweben: Die Epidermis eines 5 mm starken Stengels betrug am 20. Juli 0,480%, am 4. August 0,484% des Gesamtdurchmessers, während sie bei einem 7,5 mm starken Stengel zu denselben Zeiten nur noch 0,375 und 0,363% betrug (Tab. 4). Das Kollenchym ging von 1,74 und 1,73% auf 1,55 und 1,45% zurück. Bei den Bildungs- und Leitgeweben war der Rückgang schwächer: Der Anteil der Chlorophyllschicht am Stengeldurchmesser verringerte sich von 0,500 und 0,511% auf 0,429 und 0,446%, der Anteil der Siebteile von 1,84 und 1,74% auf 1,78

und 1,66%, der des Holzteils von 8,45 und 8,66% auf 7,20 und 7,17%. Nur das Rindenparenchym zeigte diese Erscheinungen nicht. Bei den am 20. Juli geernteten Pflanzen stieg der Parenchymanteil mit zunehmender Stengeldicke von 3,91 auf 4,28%, bei denen vom 4. August fiel er von 4,24 auf 3,87%.

Die Epidermis wie die Chlorophyllschicht bestanden durchschnittlich aus nur einer Zellreihe. Die Größe der Zellen war bei beiden Geweben bei 5 mm Stengeldurchmesser ungefähr die gleiche mit 24 und 25 μ. Bei 7,5 mm Stengeldurchmesser betrug die Höhe der Epidermiszellen 28,1 und 27,3 μ, die Höhe der Chlorophyllzellen dagegen 32,2 und 33,4 μ. Die Form der Zellen war bei beiden Geweben ziemlich gleich; bei der Epidermis war sie beinahe rechteckig. Die Streckung erfolgte in tangentialer Richtung. Bei der Chlorophyllschicht waren die Ecken leicht abgerundet, die Form ähnelte mehr einer Ellipse.

Das Kollenchym bestand durchschnittlich aus 3,3 bis 3,7 Zellreihen, deren Anordnung ebenso wie die Größe der einzelnen Zellen nicht regelmäßig war. Die Stärke des Kollenchyms betrug bei einem Stengeldurchmesser von 5 mm 87 und 89 μ, bei einem solchen von 7,5 mm 116 und 109 μ. Die Zunahme erfolgte mit fortschreitendem Wachstum ziemlich ungleichmäßig; sie beruhte weniger auf einer Ausbildung und Anlagerung neuer Zellschichten als auf dem Größenwachstum der einzelnen Zellen. Diese hatten bei 5 mm Stengeldurchmesser eine Größe von 25,2 und 24,1 μ bei 7,5 mm Durchmesser eine Größe von 31,4 und 32,1 μ. — Am wichtigsten für die Funktion des Kollenchyms als Stützgewebe sind die Kantenverdickungen; diese waren ihrer Form nach verschieden: Es wurden sowohl nach außen vorgewölbte konvexe als auch gerade und nach innen eingedrückte oder konkave Verdickungen gefunden. Am häufigsten kam die kräftige konvexe Form vor.

Nach Esmarch[1]) soll das Stärkerwerden der Kantenverdikkungen eine Begleiterscheinung zunehmenden Alters sein. Danach müßte bei jungen Stengeln die konkave, bei älteren die konvexe Form vorherrschen. Bei den Untersuchungen wurde aber festgestellt, besonders bei der Kaliparzelle, daß die älteren Stengel

[1]) Beiträge zur Anatomie der gesunden und kranken Kartoffelpflanze. S. 195.

oft weniger kräftige Kantenverdickungen hatten als junge. Hiernach wäre vielleicht anzunehmen, daß mit zunehmendem Alter entweder eine Streckung der Verdickungsschichten eintritt oder daß die Anlagerung der Schichten nicht gleichmäßig erfolgt.

Der Raum zwischen dem Kollenchym und dem Gefäßbündelring wird von dem Rindenparenchym eingenommen; dieses war in durchschnittlich 4,3—5,1 Zellreihen angeordnet, die aber nur selten klar zu erkennen waren. Ebenso wie der Durchmesser des Rindenparenchyms und die Zahl der Schichten war die Größe der einzelnen Zellen auch bei gleichem Durchmesser des Stengels sehr starken Schwankungen unterworfen. Bei einem Stengeldurchmesser von 5 mm wurde die Stärke des Rindenparenchymmantels mit 195 und 212 μ, bei einem solchen von 7,5 mm mit 321 und 290 μ festgestellt. Die Größe der Zellen betrug bei den 5 mm starken Stengeln 45,3 und 48,2 μ, bei den 7,5 mm starken 63 μ. Das Wachstum des Rindenparenchyms beruhte sowohl auf der Vermehrung der Zellschichten wie auf dem Größenwachstum der einzelnen Zellen.

Der Gefäßbündelring setzt sich zusammen aus dem Xylemring und dem zu seinen beiden Seiten liegenden Phloem. Er ist am mächtigsten in den Hauptsträngen ausgebildet, vor denen die Leisten liegen; bei ihnen wurden darum die mikroskopischen Untersuchungen angestellt. Die Zahl der Hauptstränge war durchschnittlich 3; doch kamen bisweilen vierte Nebenstränge vor, die im Verlauf des Wachstums ebenso kräftig wurden wie die primären.

Das Phloem (es wurde nur der extraxyläre Teil untersucht) ist gegen das Rindenparenchym durch den Ring der Bastfasern abgegrenzt; dieser Ring wurde mit forschreitendem Wachstum weniger geschlossen. Auf die gleiche Entfernung entfielen weniger Fasern. Bei einem Stengeldurchmesser von 5 mm betrug ihre Zahl 13,0 und 16,8 bei einem solchen von 7,5 mm 11,5 und 13,5 Fasern auf 500 μ. Absolut gerechnet, unter Berücksichtigung des größer werdenden Umfanges nahm ihre Zahl aber mit fortschreitendem Wachstum zu von 17,5 und 22,1 auf 24,4 und 28,2. Dagegen veränderte sich der Durchmesser der Bastfasern wenig. Die durchschnittlichen Maximalwerte lagen zwischen 38 und 43 μ, die durchschnittlichen Minimalwerte zwischen 17,5 und 25 μ. Die Form der Bastfasern war nicht einheitlich. Es wurden sowohl flache wie auch rundliche Zellen gefunden.

Die Stärke des Phloemmantels betrug bei einem Stengeldurchmesser von 5 mm 92 und 87 μ, bei einem solchen von 7,5 mm 133 und 125 μ. Sein Wachstum beruhte sowohl auf der Anlagerung neuer Zellschichten, die vom Kambium gebildet wurden, wie auf dem Größenwachstum der einzelnen Zellen. Die Messungen des Xylems ergaben an den kräftigsten Stellen bei einem Stengeldurchmesser von 5 mm eine Stärke von 242 und 433 μ, bei einem solchen von 7,5 mm eine Stärke von 540 und 538 μ. Der durchschnittliche Durchmesser der größten Holzgefäße lag zwischen 97 und 115 μ; er wurde durch das Dickenwachstum des Stengels nur wenig beeinflußt.

Im Holzteil liegen die radial verlaufenden Markstrahlen, die für einen Austausch der Assimilate und Nährstoffe zwischen dem inneren und äußeren Phloem zu sorgen haben. Sie bestanden durchschnittlich nur aus einer Reihe radial langestreckter rechteckiger Zellen mit dünnen Wänden. Die Zellen waren reich an Inhalt; vor allem wurden kleine transitorische Stärkekörner gefunden. Mit zunehmendem Wachstum wurden vom Kambium außer den primären noch sekundäre Markstrahlen angelegt: doch kamen diese verhältnismäßig selten vor. Ein Größenwachstum der einzelnen Markstrahlenzellen fand kaum statt.

Mikroskopische Untersuchungen der Knollen.

Tabelle 5.

Ernte am	Holzgefäße			Schale		
	Zahl je Bündel	Durchmesser Maxim. μ	Durchmesser Minim. μ	Gesamtdicke μ	Schichten Zahl	Dicke der Zellen μ
20. Juli . .	6,10	36,1	25,1	92,6	6,13	15,7
4. August .	7,47	44,4	28,8	140,5	8,80	15,9
22. August .	6.64	43,3	31,6	166,4	9,95	16,7

Zur Untersuchung der Knollen waren bei jeder Pflanze der letzten 3 Ernten 2 dem Durchschnittstyp entsprechende Knollen aufbewahrt worden. Aus jeder von diesen wurden in der Mitte 2 Blöcke, die ungefähr dem 6. Teil des Querschnitts der ganzen Knolle entsprachen, herausgenommen und von diesen 3—5 Schnitte mit dem Mikrotom nach vorhergegangener Paraffineinbettung hergestellt.

Die Knolle ist in ihrem anatomischen Bau viel einfacher gestaltet als der Stengel. Mit ihrer Funktion als Reservestoffbehälter hängt es zusammen, daß das Rinden- und Markparenchym am kräftigsten ausgebildet ist. Die Gefäßbündel treten stark zurück; von einem durchgehenden Verlauf und einer ringförmigen Anordnung der Bündel, die den Umrissen der Knolle folgen, kann hier nicht gesprochen werden.

Der Siebteil lag wahllos zu beiden Seiten des Gefäßbündelringes, meist aber doch auf der äußeren Seite. Auf den Querschnitten fanden sich sowohl Stränge, die in der Längsrichtung der Knolle verliefen, wie auch solche, die in radialer Richtung sich in Rinden- und Markparenchym weit hinein erstreckten, und alle dazwischen möglichen Übergänge. Das Siebparenchym hob sich in der Form der Zellen fast gar nicht von dem übrigen Parenchym ab; die hier gebildeten sehr kleinen Stärkekörner kamen in beiden Gewebearten vor. Genaue Messungen über das Phloem konnten darum nicht angestellt werden.

Dagegen waren die Holzgefäße nach einer Saffraninfärbung sehr gut zu erkennen. Sie lagen in den Knollen in radialer Anordnung in einzelnen Bünden und Gruppen zusammen. Einzelne Gefäße waren oft von der Hauptgruppe getrennt und weit ins Mark vorgelagert. Ihre Zugehörigkeit zu dem betreffenden Bündel wurde aber dadurch bewiesen, daß sie in der Verlängerung der radialen Gefäßreihen lagen: Es waren die am weitesten nach innen vorgeschobenen Erstlingsgefäße. Bei den Messungen wurde die Zahl der Gefäße der einzelnen Bündel, ferner der Durchmesser der größten und der kleinsten Gefäße festgestellt.

Die Anzahl der Holzgefäße in einem Bündel variierte stark; durchschnittlich wurden 6,10—7,47 gezählt (Tab. 5). Eine Neubildung von Gefäßen während des Wachstums trat scheinbar nicht ein. Der Durchmesser der größten Gefäße betrug am 20. Juli 36,1 μ, am 22. August 43,3 μ; der Durchmesser der kleinsten Gefäße stieg in ähnlicher Weise von 25,1 auf 31,6 μ.

Eine deutlichere Beeinflussung durch das Wachstum zeigte die Schale der Kartoffelknolle (Tab. 5). Ihre durch die Tätigkeit des Kork-Kambiums entstehenden Zellschichten vermehrten sich bis zum Ende der Vegetation, wodurch auch die Schale selbst stärker wurde. Die Zahl der Schichten nahm vom 20. Juli bis zum 22. August von 6,13 bis auf 9,95 zu, dementsprechend die

Schalendicke von 92,6 auf 166,4 μ. Ein Wachstum der einzelnen Korkzellen fand kaum statt. Ihre Dicke lag zwischen 15,7 und 16, 7 μ.

Der Einfluß der Vegetationsperiode auf den Trockensubstanzgehalt und die Aschenzusammensetzung der Kartoffelpflanzung.

Um das Bild zu vervollständigen, wie sich die Kartoffelpflanze im Verlauf der Vegetationsperiode unter normalen Düngungsverhältnissen verändert, wurde ferner untersucht, wie der Trockensubstanzgehalt und die Zusammensetzung der Asche während des Wachstums beeinflußt werden.

Aschenuntersuchung des Krautes.

Tabelle 6.

Ernte am	Frisch-gewicht	Gehalt an Tr.-Subst.	Gesamt Tr.-Subst.	Gehalt d. Trocken-Substanz an			Gesamt-			N / P_2O_5
				Stickst.	Kali	Phosph.	Stickst.	Kali	Phosph.	
	g	%	g	%	%	%	g	g	g	
7. Juni	18,3			5,38	6,50	1,61				3,34
26. „	99,2	7,86	7,80	5,34	7,14	1,40	0,417	0,557	0,109	3,81
7. Juli	256,8	10,43	26,80	4,82	7,87	1,15	1,290	2,110	0,308	4,18
20. „	613,6	9,55	58,60	3,66	7,90	0,92	2,140	4,620	0,542	3,96
4. Aug.	421,7	9,51	40,00	2,68	3,39	0,80	1,072	2,546	0,320	3,35

Der Gehalt des Krautes an Trockensubstanz war zu Beginn der Vegetation am geringsten: Am 26. Juni betrug er 7,86%, er stieg bis zum 7. Juli auf 10,43% und hatte mit diesem Zeitpunkt sein Maximum erreicht. Bis zum 4. August erfolgte ein nur geringes Abfallen um ungefähr 1%. — Die Zunahme der Gesamttrockensubstanz ging parallel der anfangs erwähnten Zunahme des Frischgewichts; auch hier war am 20. Juli mit 58,60 g die höchste Gewichtsmenge erreicht.

Der Gehalt des Krautes an Stickstoff änderte sich mit der Vegetationsperiode sehr: Er war bei jungen Pflanzen am höchsten; Vom 7. bis zum 26. Juni blieb er ziemlich konstant auf 5,38 und 5,34%. Bis zum 4. August ging der Gehalt auf 2,68% zurück. — Die Aufnahme an Gesamtstickstoff verlief im gleichen

Sinne wie die Trockensubstanzproduktion. Mit dem 20. Juli war ebenfalls das Maximum mit 2,140 g Stickstoff erreicht. Bis zum 4. August erfolgte ein Rückgang auf 1,072 g, der zur Hauptsache auf den relativ stärkeren Blattverlust zurückzuführen sein wird.

Der Bedarf der Pflanzen an Kali war im Gegensatz zum Stickstoffbedarf in der Jugend nicht am höchsten. Daher ergaben die Untersuchungen am 7. Juni einen Gehalt von 6,50%, am 20. Juli den Maximalgehalt von 7,90% Kali. Entsprechend dieser Entwicklung war auch am 20. Juli die höchste Menge Gesamtkali, 4,620 g, im Kraut vorhanden. Die darauf folgende Verminderung wird auf dieselben Ursachen wie der Rückgang des Gesamtstickstoffs zurückzuführen sein.

Der Gehalt des Krautes an Phosphor war verhältnismäßig gering; zu Beginn der Vegetation war er am höchsten: am 7. Juni betrug er 1,61%, bis zum 4. August fiel er um die Hälfte auf 0,80%. — KELLERMANN[1]) hatte in seiner Arbeit festgestellt, daß das Verhältnis von Stickstoff zu Phosphor bei Blättern und Knollen der Kartoffeln ein konstantes ist. Bei den Blättern soll es 1 : 3,65 betragen. Ähnliche Werte ergaben sich auch bei den vorliegenden Krautuntersuchungen. Während des Wachstums war das Verhältnis aber einigen Änderungen unterworfen: Es bewegte sich zwischen 1 : 3,34 und 1 : 4,18. — Die Zunahme an Gesamtphosphor erfolgte entsprechend der Zunahme der übrigen Nährstoffe bis zum 20. Juli und erreichte hier mit 0,542 g den Höchstwert.

Aschenuntersuchung der Knollen.

Tabelle 7

Ernte am	Frisch-gewicht	Gehalt an Tr.-Subst.	Gesamt Tr.-Subst.	Gehalt d. Trocken-Substanz an			Gesamt			$\frac{N}{P_2O_5}$
				Stickst.	Kali	Phosph.	Stickst.	Kali	Phosph.	
	g	%	g	%	%	%	g	g	g	
7. Juli	43,1	15,13	6,53	1,50	3,20	1,07	0,098	0,209	0,071	1,39
20. „	291,7	17,35	50,50	1,40	3,04	1,09	0,707	1,530	0,550	1,28
4. Aug.	495,2	19,30	96,00	1,37	2,71	0,88	1,320	2,600	0,845	1,56
22. „	540,5	20,30	111,00	1,39	2,71	0,84	1,541	3,010	0,933	1,65

[1]) Die Kartoffelpflanze rücksichtlich der wichtigsten Baustoffe in den verschiedenen Vegetationsperioden. S. 18.

Der Gehalt der Knollen an Trockensubstanz war in der Jugend am geringsten (Tab. 7): Er betrug am 7. Juli 15,13 % und stieg bis zum 22. August auf 20,30 %. — Nach Kraft[1]) besteht ein fester Zusammenhang zwischen Gehalt an Trockensubstanz und Stärke. Durch Versuche ist festgestellt, daß man den Stärkegehalt findet, wenn man den Trockensubstanzgehalt um 5,8 % verringert. Danach betrug der Stärkegehalt der untersuchten Kartoffel bei normaler Düngung am 22. August 14,5 %. — Die Erzeugung von Gesamttrockensubstanz verlief entsprechend der Zunahme des Frischgewichts: Sie stieg von 6,53 g am 7. Juli auf 111,00 g am 22. August.

Der Gehalt an Stickstoff war auch bei den Knollen zu Beginn ihres Wachstums am höchsten. Von 7. Juli bis 4. August ging er von 1,50 auf 1,37 % zurück, um bis zum 22. August ziemlich konstant zu bleiben. Die Erklärung für den starken Rückgang mit der darauf erfolgenden Beständigkeit des Gehaltes wird darin zu suchen sein, daß die Bildung von stickstoffhaltigen Stoffen mit der gewaltigen Bildung von Trockensubstanz im Juli nicht Schritt hielt; im August bei dem geringen Wachstum der Knollen trat sie wieder in Erscheinung: Der Gehalt blieb derselbe. — Die Menge an Gesamtstickstoff vermehrte sich bis zum Ende der Vegetation sie betrug am 22. August 1,541 g. — Im Gegensatz hierzu hatte Vageler[2]) bei der Untersuchung einer Futterkartoffel festgestellt, daß die Stickstoffaufnahme der Knollen im Juli der Hauptsache nach beendigt ist.

Der Gehalt der Knollen an Kali war doppelt so hoch, wie der Stickstoffgehalt. Er ging vom 7. Juli bis zum 4. August von 3,20 auf 2,71 % zurück, um dann ebenso wie der Stickstoffgehalt konstant zu bleiben. Das gesamte aufgenommene Kali betrug am 22. August 3,013 g.

Der Phosphorgehalt der Knollen ist verhältnismäßig gering. Er war in der Jugend mit 1,07 % am höchsten und ging während des Wachstumsverlaufes auf 0,84 % zurück. Das Verhältnis von Phosphor zu Stickstoff, daß nach Kellermann 1 : 1,51 betragen soll, blieb nicht konstant. Die verschiedenen Werte lagen zwischen 1 : 1,39 am 7. Juli und 1 : 1,65 am 22. August.

---

[1]) Der Einfluß der Nährstoffe auf die Qualität der Kartoffel.

[2]) Über den Einfluß der Vegetationsperiode und der Düngung auf die chemischen Bestandteile der Kartoffelpflanze. S. 559.

Der Einfluß der Düngung auf den Aufbau der Kartoffelpflanze.

Nachdem bisher der Einfluß der Vegetationsperiode auf Aufbau und Zusammensetzung der Kartoffelpflanze unter normalen Wachstumsbedingungen untersucht worden ist, soll nun dieselbe Pflanze betrachtet werden, wie sich ihre Zusammensetzung unter dem Einfluß verschiedener Düngung ändert.

Allgemeine Entwicklung.

Tabelle 8.

Frischgewicht der Stengel und Blätter einer Pflanze.

Parzelle	K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP
Ernte am:	g	g	g	g	g	g	g	g
7. Juni	12,7	16,4	11,2	18,3	13,6	29,7	12,3	24,7
26. „	65,7	74,8	45,3	99,2	51,2	120,2	77,9	100,4
7. Juli	80,7	110,1	54,4	256,3	87,2	255,6	138,9	106,9
20. „	166,1	148,8	80,5	613,6	111,4	317,9	150,7	154,6
4. Aug.	158,2	153,5	80,1	421,7	132,2	311,5	160,6	192,4
22. „	106,5	109,7	44 0	188,0	115,8	110,5	80,4	134,2

Die Wirkung der verschiedenen Düngung auf die Krautbildung war schon am 7. Juni gut zu erkennen (Tab. 8). Die Parzellen K, P, O, KP blieben anfangs in ihrem Gewicht deutlich hinter den übrigen zurück: Der Stickstoffmangel machte sich bei ihnen bemerkbar. Am langsamsten entwickelten sich die Pflanzen der Parzelle P, von der wir früher gesehen haben, daß sie die K-ärmste ist. Das erklärt auch die Erscheinung, daß die Erträge der P-Parzelle wesentlich niedriger sind als die der ungedüngten. Auch sonst zeigt sich keine Wirkung der Phosphorsäure, wenn man die Entwicklung der Teilstücke K mit KP und N mit NP vergleicht. Dagegen blieb die Krautentwicklung der Parzelle KN von Mitte Juli ab gegenüber KNP deutlich und stark zurück. Auf die Phosphorsäure kann diese Erscheinung aber wohl kaum zurückgeführt werden. Vielmehr muß man hier an einen Einfluß der Pflanzen selbst denken, was wieder darauf hinweist, daß die Zahl von je 10 Pflanzen bei jeder Probenahme zweifellos nicht ganz genügend war und eine gewisse Unsicherheit bedingt. Die

Wirkung der K- und N-Düngung zeigte sich überall deutlich. Bei der Untersuchung der Entwicklung der Volldüngungsparzelle war festgestellt worden, daß dort am 20. Juli mit 613,6 g das höchste Gewicht des Krautes erreicht war und daß bis zum 4. August ein starker Rückgang um ungefähr $^1/_3$ der Gesamtmasse stattfand. Im Gegensatz hierzu erfolgte bei allen unzureichend gedüngten Parzellen entweder eine weitere, wenn auch schwache Gewichtszunahme bis zum 4. August, oder aber der Rückgang war nur sehr gering. Hieraus folgt, daß bei unzureichender Düngung die Entwicklung der Kartoffel später abgeschlossen wurde. Eine Bestätigung hierfür fand sich bei der Betrachtung der Ergebnisse der Knollenuntersuchungen (Tab. 11).

Tabelle 9.

Zahl und Länge der Stengel einer Pflanze.

Parzelle	K		N		P		KNP		O		KN		KP		NP	
Ernte am:	Zahl	Länge cm	Zahl	Länge cm	Zahl	Länge cm	Zahl	Länge cm	Zahl	Länge cm	Zahl	Länge cm	Zahl	Länge cm	Zahl	Länge cm
7. Juni	4,4	5,2	6,9	5,8	4,3	5,9	4,6	5,6	4,1	5,7	4,7	6,7	3,9	6,0	4,3	6,9
26. „	4,7	15,4	5,5	17,2	4,8	14,0	5,0	17,2	5,5	14,1	5,3	20,1	4,8	15,5	5,7	18,8
7. Juli	4,0	15,9	5,4	20,9	5,2	14,8	7,0	27,8	5,3	19,7	5,5	36,7	5,6	23,0	4,9	21,4
20. „	5,5	26,1	4,9	24,9	4,3	22,2	8,1	50,2	5,2	23,4	6,6	45,1	5,4	27,2	5,6	26,2
4. Aug.	5,0	26,8	5,6	23,3	5,8	20,1	6,5	46,4	6,5	20,9	6,1	39,0	4,2	26,3	6,0	27,1

Über die Entwicklung der Zahl und Länge der Stengel (Tab. 9) sowie der Zahl der Blätter (Tab. 10) bei unzureichender Düngung galt im allgemeinen das, was über die Entwicklung des Gesamtgewichtes des Krautes gesagt worden ist. Stickstoff bewirkte eine schnelle Anfangsentwicklung, die sich besonders bei den ersten beiden Ernten in einer größeren Anzahl der Blätter und Stengel wie in einer größeren Länge dieser bei den Parzellen N, KNP, KN und NP bemerkbar machte. Phosphor bedingte bei der Volldüngungsparzelle verglichen mit Parzelle KN bei den ersten drei Ernten ein Zurückbleiben der Länge der Stengel und der Zahl der Blätter. Der Unterschied wurde aber Mitte Juni wieder ausgeglichen. Im Alter verursachte Phosphor einen schnelleren Wachstumsabschluß, kenntlich an der stärkeren Abnahme der Zahl der Stengel und Blätter: Vom 20. Juli bis zum

Tabelle 10.

Zahl der Blätter, Größe und Dicke der Endblättchen.

	Zahl					Größe						
	7. Juni	26. Juni	7. Juli	20. Juli	4. August	Länge 20. Juli cm	Breite 20. Juli cm	Länge 4. Aug. cm	Breite 4. Aug. cm	Breite : Länge 20. Juli	Breite : Länge 4. Aug.	Dicke 4. August μ
Parzelle K	24,8	40,7	37,1	64,9	64,3	5,82	3,46	5,29	3,30	1 : 1,68	1 : 1,60	295,7
„ N	33,3	44,7	52,1	53,2	54,9	6,29	4,19	5,80	3,95	1 : 1,50	1 : 1,48	285,0
„ P	21,0	39,5	46,3	46,6	58,7	5,29	3,70	4,98	3,52	1 : 1,43	1 : 1,43	277,7
„ KNP	24,7	44,0	72,9	111,1	86,5	6,22	3,82	6,18	4,12	1 : 1,63	1 : 1,51	268,1
„ O	19,8	42,7	52,5	50,5	65,9	5,01	3,06	4,56	2,91	1 : 1,61	1 : 1,57	280,9
„ KN	26,5	50,5	72,7	85,9	72,7	6,35	3,75	6,62	4,06	1 : 1,68	1 : 1,61	266,1
„ KP	20,7	41,0	56,7	60,8	50,9	5,12	3,11	4,95	3,09	1 : 1,64	1 : 1,60	295,7
„ NP	25,9	47,2	47,7	69,6	64,4	5,95	4,03	5,52	3,83	1 : 1,49	1 : 1,47	274,6

4. August ging die Blattzahl bei Parzelle KNP von 111,1 auf 86,5, bei Parzelle KN nur von 85,9 auf 72,7 zurück. Ganz klar ist das Bild aber nicht, da auf den übrigen Teilstücken keinerlei P-Wirkung festzustellen ist. Die K-Wirkung zeigt sich überall und zwar mehr in einer kräftigeren Entwicklung der Stengel als in der Zunahme der Stengelzahl.

Um eine genauere Beeinflussung der Blätter durch unzureichende Düngung zu erkennen, wurden die Endblättchen der Kartoffelpflanzen auf Form und Dicke untersucht (Tab. 10). Bei der Untersuchung der Blattlänge stellte sich heraus, daß Stickstoff den günstigsten, Phosphor den ungünstigsten Einfluß auf diese ausübt: Die Länge der Blätter betrug am 20. Juli bei: Parzelle N 6,29 cm, Parzelle P 5,29 cm, Parzelle KN 6,35 cm, Parzelle KNP 6,22 cm. Durch die Kalidüngung wurde die Blattlänge nicht deutlich beeinflußt. Sie betrug bei Parzelle K am 20. Juli 5,82 cm.

Ebenfalls wurde die Blattbreite durch verschiedene Düngung stark verändert. Die Unterschiede waren am klarsten am 20. Juli. Bei den Parzellen K, KNP, KN KP veranlaßte Kali eine schmale Form. Das Verhältnis von Breite zu Länge lag bei ihnen zwischen 1 : 1,63 bis 1 : 1,68. Phosphor wirkte auf die Form verbreiternd; diese Wirkung war nicht nur bei den Parzellen P: Breite zu Länge- 1 : 1,43 und NP- 1 : 1,49 zu erkennen, sondern auch bei

einem Vergleich von KNP: 1:1,63 und KN: 1:1,68 wenigstens angedeutet. Stickstoff war für das Breiten-Längen-Verhältnis von unwesentlicher Bedeutung.

Über die Dicke der Endblättchen wurde übereinstimmend mit Vageler[1]) folgendes festgestellt: Die Blattdicke steht im umgekehrten Verhältnis zur Vollständigkeit der Düngung. Dementsprechend ergaben die Parzellen KNP mit 268,1 μ und KN mit 266,1 μ die geringste Blattdicke. Bei einseitiger Düngung gab Kali die stärkste Ausbildung: 295,7 μ, Stickstoff eine etwas geringere: 285,0 μ, Phosphor die schwächste: 277,7 μ. Die Ergebnisse der Parzellen KP: 295,7 μ und NP: 274,6 μ entsprechen im allgemeinen denen der Parzellen K und N.

Tabelle 11.

Frischgewicht der Knollen einer Pflanze.

Parzelle Ernte am:	K g	N g	P g	KNP g	O g	KN g	KP g	NP g
7. Juli	15,5	14,9	15,6	43,1	17,9	40,1	40,0	37,7
20. Juli . . .	103,1	101,1	54,6	291,7	103,1	159,1	81,1	92,4
4. August . . .	162,9	212,4	110.1	495,2	153,9	327,1	154,6	221,2
22. August . .	308,5	316,9	141,0	540,5	241,0	487,3	239,5	368,1
Zunahme im Aug.	145,6	104,5	30,9	45,3	87,1	160,2	84,9	146,9

Die Bildung der ersten Knollen begann bei allen Parzellen ungefähr gleichzeitig. Eine deutliche Beeinflussung des Knollengewichtes machte sich am 7. Juli bemerkbar: Parzelle P hatte erst 15,6 g Knollen gegenüber 43,1 g der Parzelle KNP gebracht (Tab. 11). Die Unterschiede zwischen einseitig und ausreichend gedüngten Pflanzen traten im Verlauf des Wachstums immer stärker hervor. Auf der Volldüngungsparzelle erfolgte das Knollenwachstum zur Hauptsache im Juli. Bei unzureichender Düngung zeigte die gleiche Erscheinung nur Parzelle P, bei der das Knollengewicht vom 4. zum 22. August nur noch um 30,9 g stieg. Da nun die Parzelle KN, die sich von Parzelle KNP nur durch das Fehlen von Phosphor unterschied, sich durch eine starke Vermehrung des Knollengewichtes um 160,2 g im August auszeichnete, wird das schnelle Ausreifen auf das Vorhandensein von

[1]) Über den Einfluß der Düngung auf den vegetativen Aufbau und Ertrag der Kartoffel, S. 139.

Phosphor zurückzuführen sein. Kali und Stickstoff dagegen veranlassen ein gleichmäßiges Weiterwachsen der Knollen bis zum 22. August. Es ist deshalb anzunehmen, daß die Erträge aller Parzellen außer Parzelle P und KNP nach dem 22. August noch gestiegen wären. Bei den Parzellen KP und NP machte sich die Phosphordüngung nicht deutlich bemerkbar; sie wurde von der Kali- nnd Stickstoffwirkung überdeckt. Die ungedüngte Parzelle ergab am 22. August mit 241,0 g beinahe den doppelten Ertrag wie die Parzelle P mit 141,0 g: Die Erklärung hierfür ist der eingangs erwähnte Mangel dieser Parzelle an Bodenkali. Parzelle KP ergab mit einem Gewicht von 239,5 g eine geringere Ernte als Parzelle K mit 308,5 g. Die Ursache hierfür ist sehr wahrscheinlich in einem Stickstoffmangel zu suchen; aus der Übersicht über die Bodennährstoffe des E-Feldes (Tab. 1) ist auch deutlich zu erkennen, das Parzelle KP bei beiden Untersuchungen im Jahre 1901 und 1921 an Stickstoff stärker ausgeraubt war als Parzelle K: Im Jahre 1921 betrug der Stickstoffgehalt von 100 g lufttrocknem Boden bei Parzelle KP 98,1 g, bei Parzelle K 114,9 g Stickstoff. Die höchsten Erträge nach der Volldüngungsparzelle ergaben in abfallender Reihenfolge die Stickstoffparzellen KN: 487,3 g, NP: 368,1 g, N: 316,9 g.

Tabelle 12.

Zahl der Knollen einer Pflanze und durchschnittliches Gewicht der Knollen.

Parzelle	K		N		P		KNP		O		KN		KP		NP	
Ernte am:	Zahl	Gewicht g	Zahl	Gewicht g	Zahl	Gewicht g	Zahl	Gewicht g	Zahl	Gewicht g	Zahl	Gewicht g	Zahl	Gewicht g	Zahl	
7. Juli .	6,1	2,54	8,2	1,82	7,8	2,00	10,9	3,96	6,1	2,94	14,1	2,84	12,6	3,17	9,1	
20. „ .	9,8	10,50	10,0	10,11	6,3	8,65	22,1	13,20	8,7	11,85	14,7	10,82	10,3	7,85	10,0	
4. August	9,2	17,70	8,4	25,30	8,8	12,52	20,0	24,76	10,4	14,80	16,0	20,42	7,7	20,10	14,2	1
22. „	9,8	33,50	12,3	25,79	7,1	19,85	16,0	33,81	11,0	21,90	13,2	36,80	8,1	29,60	12,8	2

Die Zahl der Knollen einer Pflanze entsprach im allgemeinen der Vollständigkeit der Düngung, so daß die Volldüngungsparzelle und diejenige mit KN mit 16 bzw. 13,2 Knollen je Staude an der Spitze standen. Durchweg zeigt sich aber, daß der Stickstoff überall eine Erhöhung der Knollenzahl bewirkt hat und zwar von 9,8 auf K bis zu 13,2 auf KN, von 7,1 auf P bis zu 12,8

auf PN und von 8,1 auf KP bis zu 16,0 auf KPN. K und P zeigen derartige Wirkungen nicht. Dagegen wird das durchschnittliche Knollengewicht sowohl durch K- wie N-Düngung in gleicher Weise erhöht als Folge besserer Ernährung.

Mikroskopische Untersuchungen der Stengel.

Die Ausbildung von Epidermis- und Chlorophyllzellen war am kräftigsten bei ausreichender Düngung (Tab. 13 und 14). Sie zeigte sich abhängig von der Anwesenheit von Kali; Parzelle K brachte am 20. Juli einen Radialdurchmesser der Epidermiszellen von 28,0 μ bei einem Stengeldurchmesser von 7,5 mm und er-

Tabelle 13.

Der Radialdurchmesser der Epidermiszellen und sein Anteil am Stengeldurchmesser.

engel-	Ernte am 20. Juli								Ernte am 4. August							
	Zellengröße				Stengelanteil				Zellengröße				Stengelanteil			
urch- esser	3,75	5,0	6,25	7,5	3,75	5,0	6,25	7,5	3,75	5,0	6,25	7,5	3,75	5,0	6,25	7,5
	μ	μ	μ	μ	%	%	%	%	μ	μ	μ	μ	%	%	%	%
z. K	26,7	—	29,2	28,0	0,708	—	0,467	0,373	28,7	27,1	27,0	27,5	0,766	0,540	0,432	0,366
N	23,5	24,0	25,3	26,7	0,627	0,480	0,402	0,356	22,2	26,0	26,3	27,3	0,588	0,520	0,421	0,363
P	23,0	24,5	24,3	26,2	0,614	0,490	0,389	0,350	22,9	23,5	23,9	24,5	0,614	0,421	0,384	0,326
KNP	—	24,0	26,7	28,1	—	0,480	0,427	0,375	—	24,2	28,1	27,3	—	0,484	0,448	0,363
O	22,0	22,5	24,0	25,3	0,588	0,450	0,392	0,338	23,4	23,7	26,3	26,7	0,623	0,474	0,421	0,356
KN	23,1	27,0	26,8	28,0	0,612	0,540	0,429	0,373	23,1	26,8	28,5	27,1	0,614	0,540	0,456	0,361
KP	24,2	24,9	28,0	27,9	0,641	0,500	0,448	0,373	—	22,1	—	27,6	—	0,439	—	0,368
NP	23,3	—	25,5	27,1	0,622	—	0,407	0,360	21,8	—	23,3	24,7	0,588	—	0,374	0,329

Tabelle 14.

Radialdurchmesser der Chlorophyllzellen.

arz.	Ernte am 20. Juli								Ernte am 4. August							
	K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP	K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP
gel- ch- ser	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ
75	26,7	21,9	20,0	—	25,1	25,9	23,3	23,4	25,4	23,3	23,1	—	24,1	26,7	—	20,5
0	—	22,3	24,1	25,0	26,3	29,5	25,1	—	28.8	23,5	26,4	25,5	24,7	29,1	24,2	—
25	29,4	24,2	25,8	30,3	27,7	26,9	26,2	26,9	29,1	24,5	27,1	32,5	26,0	30.5	—	25,4
5	30,7	27,3	26,5	32,2	—	31,3	29,8	26,7	28,5	30,1	27,0	33,4	29,2	29,3	28.2	26,7

reichte damit ungefähr die Leistung der Parzelle KNP, die eine Epidermisstärke von 28,1 μ aufwies. Die kräftigende Wirkung des Kalis zeigte sich bei beiden Ernten auf allen Teilstücken mit K-Düngung. In ähnlicher Weise wirkte das K auch günstig auf die Vergrößerung des Durchmessers der Chlorophyllzellen ein. Dieser betrug bei Parzelle K am 20. Juli bei 7,5 mm Stengeldurchmesser 30,7 μ gegenüber 32,2 μ bei Parzelle KNP. Das Kali wirkte aber nicht nur günstig auf die Gesamtstärke von Epidermis und Chlorophyllschicht, sondern ebenfalls auf die Gleichmäßigkeit der einzelnen Zellen. Im Gegensatz hierzu bewirkte Phosphor bei Parzelle P und im geringeren Grade bei Parzelle KP häufig eine schmale und zusammengedrückte Zellform. Stickstoff zeichnete sich dadurch aus, daß die Zellen unregelmäßig ausgebildet wurden.

Die Epidermis bestand bei allen Untersuchungen aus nur einer Zellreihe; die Chlorophyllschicht dagegen zeigte in wenigen Fällen Abweichungen: Bei einseitiger Phosphordüngung war sie bisweilen ganz ausgefallen und durch Kollenchym ersetzt, andererseits war bei Volldüngung und bei Parzelle KN eine doppelte Schicht ausgebildet. Im übrigen wich der ganze Epidermalapparat infolge unzureichender Düngung von der normalen Entwicklung nicht ab.

Eine Beeinflussung des gesamten Kollenchymmantels durch abweichende Düngung war bei den großen Schwankungen, denen die Ausbildung des Kollenchyms schon unter normalen Bedingungen unterworfen war, nicht festzustellen; doch wurde die Größe und Form der einzelnen Zellen deutlich beeinflußt (Tab. 15 u. 16). Kali wirkte vor allem auf die kräftige Ausbildung der Kanten-

Tabelle 15.
Durchmesser des Kollenchymmantels.

Parzelle	Ernte am 20. Juli								Ernte am 4. August							
	K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP	K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP
Stengel-Durchm.	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ
3,75	78	84	68	—	78	90	82	72	92	80	86	—	92	87	—	83
5,0	—	96	98	87	89	87	83	—	83	96	100	89	91	102	82	—
6,25	105	98	104	96	100	103	82	93	90	101	98	96	91	109	—	95
7,5	116	119	130	116	—	109	106	104	109	103	107	109	108	102	111	106

Tabelle 16.
Zahl der Kollenchymschichten und Größe der Kollenchymzellen.

Stengel-Durchmesser	Ernte am 20. Juli: Zahl der Schichten 3,75	5,0	6,25	7.5	Größe der Zellen 3,75 µ	5,0 µ	6,25 µ	7,5 µ	Ernte am 4. August: Zahl der Schichten 3,75	5,0	6,25	7,5	Größe der Zellen 3,75 µ	5,0 µ	6,25 µ	7,5 µ
Parz. K	3.3	—	3,9	4,1	23.6	—	26,9	28.3	3,8	3,6	3.5	3,7	24,2	23,0	27,2	29,5
„ N	4,1	4,0	3,7	4,0	21,9	24,0	26,5	29,8	3,5	3,7	3,8	3,7	22,8	23,4	26,6	27,8
„ P	3,5	4,2	4,1	4,7	19,4	23,3	25,4	27,9	3,8	3,9	4,0	3,8	22,6	25,7	24,5	28,1
„ KNP	—	3,5	3,3	3,7	—	25,2	29,1	31,4	—	3,7	3,6	3,4	—	24,1	27,0	32,1
„ O	3,5	3,5	3,9	—	22,6	25,4	25,1	—	4,0	3,9	3,9	4,2	23,0	23,3	23,3	25,7
„ KN	3,3	3,2	3,3	3,7	27,2	27,2	31,2	29,5	3,2	3,5	3,5	3,6	27,2	29,2	31,2	28,4
„ KP	3,3	3,4	3,5	3,6	24,8	24,4	23.5	29,5	—	3,5	—	4,0	—	23,4	—	27,8
„ NP	3,9	—	4,1	3,8	18,5	—	22,6	27,4	3,5	—	4,0	3,9	24,8	—	23,7	27,2

verdickungen und veranlaßte, daß die Zellreihen in regelmäßigeren Längsreihen angeordnet waren. — Phosphor bewirkte wenigstens teilweise eine kleinere Ausbildung der Zellen sowie eine unregelmäßigere Anordnung der einzelnen Schichten. Die geringere Zellgröße zeigt sich in erster Linie bei der Ernte am 20. Juli, wenn man die Parzellen R, KP und NP mit den übrigen vergleicht

Tabelle 17.
Durchmesser des Rindenparenchymmantels.

Parzelle / Stengel-Durchm.	Ernte am 20. Juli: K µ	N µ	P µ	KNP µ	O µ	KN µ	KP µ	NP µ	Ernte am 4. August: K µ	N µ	P µ	KNF µ	O µ	KN µ	KP µ	NP µ
3,75	198	174	148	—	157	170	170	148	176	162	172	—	199	167	—	138
5,0	—	227	163	195	182	204	161	—	203	197	198	212	196	228	162	—
6,25	231	245	220	257	228	240	205	231	222	208	222	267	239	252	—	220
7,5	260	240	234	321	—	281	264	240	279	232	229	290	243	307	249	238

Die Ausbildung des Rindenparenchyms (Tab. 17 u. 18) unterlag ebenfalls schon bei normalen Bedingungen so großen Schwankungen, daß eine Beeinflussung des ganzen Mantels durch abweichende Düngung nicht zu erkennen war; doch wurde auch hier festgestellt, daß Kali auf die regelmäßige Schichtung der Zellreihen

Tabelle 18.
Zahl der Rindenparenchymschichten und Größe der Rindenparenchymzellen.

Stengel-Durchmesser	Ernte am 20. Juli: Zahl der Schichten 3,75	5,0	6,25	7,5	Größe der Zellen 3,75 μ	5,0 μ	6,25 μ	7,5 μ	Ernte am 4. August: Zahl der Schichten 3,75	5,0	6,25	7,5	Größe der Zellen 3,75 μ	5,0 μ	6,25 μ	7,5 μ
Parz. K	5,0	—	4,3	4,5	39,6	—	53,8	58,3	4,4	4,0	3,8	4,5	40,0	50,7	58,4	61,8
„ N	3,6	4,7	4,3	3,9	49,2	48,2	57,0	61,5	3,8	4,1	3,8	4,0	42,7	48.1	54,8	58,0
„ P	3,9	4,0	4,7	4.6	37,8	40,7	46,7	50,8	4,6	4,1	4,4	4,7	37,4	48,2	50,4	47,8
„ KNP	—	4,3	4,3	5,1	—	45,3	59,8	63,0	—	4,4	4,7	4,6	—	48,2	56,7	63,0
„ O	4,2	4,1	4,5	—	37,4	44,4	50,7	—	4,9	4,1	4,8	5,1	40,7	47,8	49,9	47,7
„ KN	4,0	3,7	4,3	4,3	42,5	43,4	55,8	64,5	4,5	5,0	4,3	4,5	37,2	45,8	58,6	68,3
„ KP	4,3	3,7	3,9	4,4	39,6	43,5	52,7	60,8	—	3,9	—	4,0	—	41,5	—	62,2
„ NP	3,9	—	4,4	4,8	38,0	—	52,5	50,0	4,2	—	4,3	38,	32,9	—	51,2	51,0

wie auf die Größe der Zellen einen günstigen, Phosphor einen ungünstigen Einfluß ausübte. Der Vergleich der vier K-Parzellen mit den Parzellen P und NP zeigt das deutlich.

Auf die Entwicklung der Leitgewebe war ebenfalls Kali von Einfluß. Die schon anfangs bei der Schilderung der Volldüngungsparzelle gemachte Feststellung, daß hier während des Wachstums vierte Hauptstränge ausgebildet wurden, traf auch zum Teil auf die Parzellen K und KN zu.

Den äußeren Ring der Gefäßbündel bilden die Bastfasern. Deren Zahl war bei Parzelle P durchschnittlich etwas höher als bei den übrigen Parzellen (Tab. 19). Bei der Ernte am 4. August lagen z. B. bei jener auf einer Strecke von 500 μ bei einem

Tabelle 19.
Zahl der Bastfasern auf 500 μ.

Parzelle / Stengel-Durchm.	Ernte am 20. Juli: K μ	N μ	P μ	KNP μ	O μ	KN μ	KP μ	NP μ	Ernte am 4. August: K μ	N μ	P μ	KNP μ	O μ	KN μ	KP μ
3,75	12,1	10,8	15,9	—	14,4	14,0	12,2	17,8	11,7	9,3	13,2	—	12,7	15,3	—
5,0	—	14,1	13,3	13,0	11,7	12,5	15,1	—	15,3	11,7	16,1	16,3	13,0	12,7	16,0
6,25	12,7	11,3	14,2	13,5	10,2	11,7	10,7	13,9	15,7	14,6	14,0	12,7	13,4	15,0	—
7,5	12,6	12,7	11,8	11,5	11,0	11,2	13,3	12,8	12,8	13,8	14,3	13,5	10,5	13,3	11,0

Stengeldurchmesser von 7,5 mm 14,3 Fasern gegenüber 13,5 bei Volldüngung und 10,5 bei ungedüngt. Ganz regelmäßig war diese Beziehung allerdings nicht. Auch wurde die höhere Anzahl durch einen kleineren Durchmesser wieder ausgeglichen. Der Maximaldurchmesser derselben Fasern betrug 38 μ bei Parzelle P gegenüber 43 μ bei Parzelle KNP.

Tabelle 20.
Durchmesser der größten und kleinsten Bastfasern.

Stengel-Durchmesser	Ernte am 20. Juli								Ernte am 4. August							
	Maxim. Durchm.				Minim. Durchm.				Maxim. Durchm.				Minim. Durchm.			
	3,75	5,0	6,25	7,5	3,75	5,0	6,25	7,5	3,75	5,0	6,25	7,5	3,75	5,0	6,25	7,5
	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ
Parz. K	33	—	37	39	20	—	21	24	32	34	39	38	19	20	20	22
„ N	32	38	42	41	17	19	18	23	35	33	36	35	—	13	20	18
„ P	29	35	35	38	15	—	16	18	28	32	45	38	15	16	21	20
„ KNP	—	41	42	42	—	20	23	22	—	38	42	43	—	17	22	25
„ O	37	38	40	—	12	13	20	20	32	33	38	37	17	15	18	20
„ KN	38	40	42	43	—	22	—	26	35	38	41	44	20	21	24	25
„ KP	32	28	39	40	17	20	22	23	—	35	—	38	—	20	—	19
„ NO	32	—	38	41	12	—	20	18	30	—	40	39	15	—	17	15

Eine deutliche Beeinflussung des Durchmessers von Phloem und Xylem durch verschiedene Nährstoffe war nicht zu erkennen (Tab. 21 u. 22). Die Zahlen laufen dafür zu sehr durcheinander. Die von Vageler[1]) gemachte Feststellung, daß durch Phosphor

Tabelle 21.
Durchmesser des Siebteils.

Parzelle	Ernte am 20. Juli								Ernte am 4. August							
	K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP	K	N	P	KNP	O	KN	KP	NP
Stengeldurchmesser	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ
3,75	72	80	92	—	78	83	75	85	71	63	67	—	88	75	—	88
5,0	—	110	100	92	88	103	87	—	88	104	74	87	85	90	85	—
6,25	132	128	119	122	105	—	105	127	137	128	85	120	115	102	—	124
7,5	145	162	153	133	—	121	149	132	133	135	130	135	105	145	129	118

[1]) Vageler, Über den Einfluß der Düngung auf den vegetativen Aufbau und den Ertrag der Kartoffeln. S. 141.

Tabelle 22.
Durchmesser des Holzteils und der größten Holzgefäße.

Stengeldurchmesser	Ernte am 20. Juli								Ernte am 4. August							
	Holzteil				Holzgefäße				Holzteil				Holzgefäße			
	3,75 μ	5,0 μ	6,25 μ	7,5 μ	3,75 μ	5,0 μ	6,25 μ	7,5 μ	3,75 μ	5,0 μ	6,25 μ	7,5 μ	3,75 μ	5,0 μ	6,25 μ	7,5 μ
Parzelle K	320	—	428	502	80	—	91	95	267	281	423	419	83	97	95	100
„ N	352	396	462	528	87	100	102	117	292	358	440	489	85	90	102	103
„ P	341	432	480	542	75	85	87	90	299	379	392	453	82	91	95	97
„ KNP	—	422	492	540	—	100	105	107	—	433	475	538	—	97	115	110
„ O	326	389	409	—	90	93	95	—	345	357	400	419	75	82	97	105
„ KN	310	408	465	539	70	87	98	107	325	425	442	525	90	90	98	117
„ KP	333	383	406	535	80	87	89	117	—	288	—	484	—	95	—	101
„ NP	368	—	439	575	93	—	96	107	325	—	419	553	95	—	102	100

eine günstige Einwirkung auf das Leitgewebe ausgeübt wird, fand deshalb in unseren Zahlen keine sichere Stütze, wenn auch einige Beobachtungen am Holzteil in dieser Richtung weisen.

Durch die unzureichende Düngung wurden die Markstrahlen deutlich beeinflußt; bei der Parzelle KN zeigten sie durchschnittlich dieselbe gute Entwicklung wie bei der beschriebenen Volldüngungsparzelle. Bei den Parzellen K und KP waren die einzelnen Zellen der Markstrahlen wohl vorhanden, doch war ihre Anordnung sehr unregelmäßig. Die einseitige Phosphor- und Stickstoffdüngung verursachte eine sehr kümmerliche Entwicklung. Die Markstrahlenzellen waren hier entweder stark zusammengedrückt oder garnicht vorhanden.

Mikroskopische Untersuchungen der Knollen.

Bei den Knollen wurde durch mangelhafte Nährstoffverhältnisse vor allem die Schale beeinflußt (Tab. 23). Sie war um so dünner, je vollständiger die Düngung war. Infolgedessen war sie auf den Parzellen KN und KNP stets am dünnsten. Die größte Schalendicke hatten die Knollen der P-Parzelle. Einseitige Kali- und Stickstoffgaben riefen keine besondere Beeinflussung hervor.

Die Zahl der Korkschichten veränderte sich gleichmäßig mit der ganzen Schalendicke: bei guter Düngung wenig, bei unvollständiger einseitiger Düngung, besonders mit P, viele Zellagen.

Tabelle 23.

Schalendicke, Zahl der Korkschichten, Dicke der Korkzellen.

	20. Juli			4. August			22. August		
	Gesamtdicke μ	Anzahl der Schichten	Dicke der Zellen μ	Gesamtdicke μ	Anzahl der Schichten	Dicke der Zellen μ	Gesamtdicke μ	Anzahl der Schichten	Dicke der Zellen μ
Parzelle K	124,5	8,02	15,5	170,0	10,79	15,7	211,7	11,78	16,90
„ N	125,4	7,82	16,1	152,1	8,79	17,3	209,2	12,25	16,10
„ P	130,9	8,26	15,8	170,6	9,82	17,4	243,0	13,83	17,60
„ KNP	96,2	6,13	15,7	140,5	8,80	15,9	166,4	9,95	16,65
„ O	139,4	8,09	17,2	164,1	9,30	17,6	206,3	11,64	17,65
„ KN	111,4	6,86	16,1	143,3	8,17	17,3	165,5	9,55	17,25
„ KP	119,8	7,22	16,6	165,8	9,75	17,0	206,1	10,97	18,65
„ NP	109,9	7,23	15,2	152,9	9,33	16,4	217,5	11,13	19,55

Die Unterschiede waren am Ende der Vegetation ausgeprägter als zu Beginn derselben. Am 22. August zeigte z. B. Parzelle KNP 9,95 Schichten, Parzelle KN 9,55, Parzelle P 13,83 und Parzelle O 11,64 Schichten. Die Dicke der einzelnen Korkzellen veränderte sich unter dem Einflusse der Düngung fast gar nicht; sie lag bei der letzten Ernte zwischen 16,10 und 19,55 μ.

Tabelle 24.

Zahl der Gefäße in einem Bündel, Durchmesser der größten und mittleren Gefäße.

	20. Juli			4. August			22. August		
	Zahl	Maxim. Durchmesser μ	Mittl. Durchmesser μ	Zahl	Maxim. Durchmesser μ	Mittl. Durchmesser μ	Zahl	Maxim. Durchmesser μ	Mittl. Durchmesser μ
Parzelle K	4,07	38,0	27,8	4,72	43,6	29,0	5,17	46,8	33,2
„ N	4,60	33,6	23,3	6,14	40,9	26.9	7,22	48,0	34,8
„ P	3,66	34,7	24,3	4,85	35,9	26,9	5,34	49,6	34,7
„ KNP	6,10	36,1	25,4	7,47	44,4	28,8	6,64	43,3	31,6
„ O	4,78	33,7	25,6	5,40	42,8	29,7	4,89	41,1	30,5
„ KN	5,60	34,1	25,7	6,44	44,4	31,9	6,14	45,0	32,0
„ KP	4,09	35,4	27,5	5,34	42,3	30,3	4,72	38,5	27,9
„ NP	4,24	33,5	24,8	5,83	35,8	27,7	5,60	35,3	25,2

In geringem Maße, aber doch deutlich erkennbar wurde durch verschiedene Düngung ein Einfluß auf die Zahl und Größe der Holzgefäße in den Gefäßbündeln ausgeübt (Tab. 24). Die Parzellen KNP und KN brachten wenig von einander abweichende Ergebnisse. Am 22. August betrug bei ihnen die Gefäßzahl 6,64 und 6,14, der Maximaldurchmesser 43,3 und 45,0 μ. Durch Stickstoff wurde vor allem die Zahl der Gefäße günstig beeinflußt: Parzelle N brachte am 22. August 7,22 Gefäße gegenüber 6,64 bei Volldüngung und 4,89 bei ungedüngt. Auch K läßt eine gewisse Neigung erkennen, die Zahl der Gefäße zu erhöhen, während bei P eher eine gegenteilige Wirkung beobachtet werden kann.

Der Einfluß der Düngung auf den Trockensubstanzgehalt und die Aschenzusammensetzung der Kartoffelpflanze.

Aschenuntersuchung des Krautes. (Tab. 25.)

Der Gehalt des Krautes an Trockensubstanz war am geringsten bei den Parzellen K, KNP und KN: er betrug bei diesen am 20. Juli, zurzeit der höchsten Entwicklung der Pflanzen, 10,60, 9,55 und 10,00% gegenüber 13,66% bei ungedüngt, 14,65% bei Phosphordüngung und 14,25 bei Stickstoff-Phosphordüngung. Der geringe Trockensubstanzgehalt findet seine Erklärung in der bekannten Tatsache, daß durch Kali der Wassergehalt der Pflanzen erhöht wird. — Durch Phosphor wurde der Trockensubstanzgehalt, wie die Parzellen P und NP zeigen, deutlich erhöht. Parzelle N nahm mit 12,80% eine Mittelstellung ein. Die Zunahme des Trockensubstanzgehaltes während der Vegetation war bei unzureichender Düngung nicht so gleichmäßig wie bei der normalen Entwicklung. Die Gesamtzunahme erfolgte entsprechend der Frischgewichtserzeugung, deren Verlauf schon beschrieben ist.

Der Stickstoffgehalt des Krautes wurde durch Stickstoffdüngung besonders bei den jungen Pflanzen deutlich beeinflußt. Er zeigt während der ganzen Entwicklung die höchsten Werte auf den Parzellen N und NP, während er auf den Parzellen KN und KNP etwas geringer und auf den nicht mit N gedüngten Teilstücken am geringsten ist. Mit fortschreitendem Wachstum verwischen sich die Unterschiede der Parzellen im Stickstoffgehalt allerdings teilweise. Die Vermehrung des gesamten Stick-

Tabelle 25.

Aschengehalt des Krautes.

Ernte am:	Parzelle	Frisch-gewicht g	Gehalt an Tr.-Subst. %	Gesamt-Tr.-Subst. g	Gehalt der Tr.-Subst. an N %	K_2O %	P_2O_5 %	Gesamt N mg	K_2O mg	P_2O_5 mg	N / P_2O_5
7. Juni	K	12,7	—	—	4,90	6,62	1,57	—	—	—	3,16
7. „	N	16,4	—	—	6,07	3,94	1,52	—	—	—	4,00
7. „	P	11,2	—	—	4,97	4,10	1,56	—	—	—	3,18
7. „	KNP	18,3	—	—	5,38	6,50	1,61	—	—	—	3,34
7. „	O	13,6	—	—	4,83	4,64	1,58	—	—	—	3,97
7. „	KN	29,7	—	—	5,05	6,94	1,52	—	—	—	3,33
7. „	KP	12,3	—	—	4,84	6,96	1,57	—	—	—	3,08
7. „	NP	24,7	—	—	5,70	3,38	1,49	—	—	—	4,81
26. Juni	K	65,7	8,35	5,47	4,60	9,26	1,45	254	506	79	3,16
26. „	N	74,8	10,16	7,60	6,31	3,13	1,52	480	238	115	4,15
26. „	P	45,3	11,60	5,26	4,73	4,51	1,48	247	237	77	3,19
26. „	KNP	99,2	7,86	7,80	5,34	7,14	1,40	417	557	109	3,81
26. „	O	51.2	11,25	5,77	5,00	3,94	1,40	288	217	81	3,57
26. „	KN	120.2	7,91	9,51	5,12	8,27	1,32	484	786	126	3,84
26. „	KP	77.2	8,65	6,74	5,00	8,42	1,42	337	567	95	3,51
26. „	NP	100,4	10,25	10,30	5,83	2,77	1,46	602	285	150	3,99
7. Juli	K	80,7	9.09	7,34	3,74	8,37	1,11	280	615	81	3.37
7. „	N	110,1	10,30	11,35	5,18	2,53	1,23	590	298	140	4,20
7. „	P	54,4	13,60	7,33	3,95	3,45	1,23	290	253	90	3,21
7. „	KNP	256,3	10,43	26,80	4,82	7,87	1,15	1290	2110	308	4,18
7. „	O	87,2	11,46	10,00	4,33	5,18	1.36	433	518	136	3,05
7. „	KN	255,6	9,25	23,50	4,60	7,93	1,20	1680	1865	282	3,80
7. „	KP	138,9	9,54	13,25	3,81	8,32	1,07	505	95	142	3,52
7. „	NP	106,9	11,14	12,20	5,18	2,91	1,25	635	355	153	4,15
20. Juli	K	166,1	10,60	17,60	3,28	8,27	0,93	577	1450	164	3,50
20. „	N	148,8	12,80	19,05	4,77	2,00	0,98	910	380	187	4,87
20. „	P	80,5	14,65	11,78	3,42	2,66	0,89	400	310	105	3,84
20. „	KNP	613,6	9,55	58,60	3,66	7,90	0,92	2140	4620	542	3,96
20. „	O	111.4	13,66	15,22	3,38	3,06	1,10	515	460	168	3,07
20. „	KN	317,9	10,00	31,79	3,52	7,61	0,94	1120	2420	301	3,72
20. „	KP	150,7	12,10	18,20	3,03	7,98	0,87	550	1450	158	3,49
20. „	NP	154,6	14,25	22,00	4,62	2,17	1,02	1020	477	225	4,53
4. August	K	158,2	10,70	16,70	2,96	6,84	0,86	503	1150	145	3,44
4. „	N	153,1	13,86	21,30	3,54	0,95	0,85	755	202	181	4,17
4. „	P	80,1	15,91	12,76	2,81	1,65	0,80	360	211	102	3,51
4. „	KNP	421,7	9,51	40,00	2,68	6,39	0,80	1072	2546	320	3,35
4. „	O	132,2	13,71	18,15	2,45	1,98	0,88	445	360	160	2.78
4. „	KN	311,5	11,01	34,30	2,64	6,43	0,77	900	2200	264	3,43
4. „	KP	160,6	13.50	31,80	2,58	6,67	0,68	560	1455	148	3,79
4. „	NP	192,4	14,12	27,20	3,12	1,45	0,75	850	395	204	4,16

stoffs verlief zunächst parallel der Trockensubstanzerzeugung; doch hatte sie bei allen Parzellen schon am 20. Juli ihren Höhepunkt erreicht, während die Gesamttrockensubstanz des Krautes, abgesehen von der Volldüngungsparzelle, bis zum 4. August noch zunahm. So stieg z. B. bei Parzelle KN die Gesamttrockensubstanz in dieser Zeit von 31,79 g auf 34,30 g; der Gesamtstickstoff fiel von 1,120 g auf 0,90 g. Der so eingetretene Verlust an Stickstoff wird auf Abwanderung der Nährstoffe in die Knollen zurückzuführen sein.

Viel schärfer noch als die Stickstoffdüngung äußerte die Kalidüngung ihren Einfluß auf die Zusammensetzung des Krautes. Alle mit Kali gedüngten Teilstücke wiesen einen Kaligehalt in der Trockensubstanz des Krautes auf, der den kalifreien Parzellen um das doppelte bis dreifache übertraf. Diese Überlegenheit erhielt sich während der ganzen Vegetationszeit, nahm sogar gegen Ende derselben noch zu. Die Pflanzen zeigten also auf den kalireichen Parzellen eine starke Luxusaufnahme an Kali. Bei der Untersuchung der Volldüngungsparzelle ist festgestellt worden, daß der Kaligehalt erst am 20. Juli mit 7,90% sein Maximum erreichte. Dies traf bei den andern Parzellen nicht zu. Bei ihnen lag dieser Zeitpunkt bedeutend früher. Parzelle N und NP haben ihre Maximalwerte mit 3,94 und 3,38% schon am 7. Juni, Parzelle P mit 4,51% am 26. Juni erreicht. Von diesem Zeitpunkt an hielt also die Kaliaufnahme mit der Trockensubstanzbildung nicht mehr gleichen Schritt, eine einfache Folge des Kalimangels dieser Teilstücke. Der Rückgang des Kaligehaltes während des späteren Wachstums wich bei allen Parzellen von der normalen Entwicklung nicht ab.

Die Aufnahme an Gesamtkali verlief nicht parallel der Trockensubstanzproduktion der verschiedenen Parzellen. Darauf weist schon der verschiedene prozentische Gehalt an K_2O hin. Besonders deutlich wird dies aber, wenn man bei der Ernte vom 28. Juli die K- und KP-Parzellen mit den N- und NP-Parzellen vergleicht. Bei annähernd gleicher Menge an Trockensubstanz haben die ersten 1450 mg K_2O, die beiden anderen 380 und 477 mg K_2O. Die aufgenommene Kalimenge geht also ebenso wie der Kaligehalt dem Vorrat an löslichem Kali im Boden ungefähr parallel, nur mit dem Unterschied, daß dort, wo Kali und Stickstoff zusammen wirken in der Düngung, die Aufnahme an Kali wesentlich

erhöht ist. Mit dem 20. Juli war das Maximum an Gesamtkali im Kraute erreicht; der folgende Rückgang wird ebenfalls auf ein Abwandern der Nährstoffe in die Knollen zurückzuführen sein.

Der Phosphorgehalt des Krautes wurde weder durch Phosphor- noch durch andere Düngung sichtbar beeinflußt, da Phosphor im Boden überall genügend vorhanden war. Die Gesamtphosphoraufnahme erfolgte bis zum 20. Juli und betrug bei der Parzelle KNP 542 mg, bei Parzelle P nur 105 mg, sie ging also der Trockensustanzbildung mehr oder weniger parallel.

Aschenuntersuchungen der Knollen. (Tab. 26.)

Der Trockensubstanzgehalt der Knollen war bei verschiedener Düngung ungefähr denselben Veränderungen unterworfen wie der Trockensubstanzgehalt des Krautes; er wurde auch bei ihnen durch Kali herabgesetzt, während die Erhöhung durch Phosphor kaum in Erscheinung trat, eher noch beim Stickstoff in engen Grenzen sich zeigte.

Die folgende summarische Zusammenstellung zeigt das ziemlich deutlich.

Trockensubstanzgehalt der Knollen bei folgender Düngung:

Ernte am	mit K_2O	ohne K_2O	mit P_2O_5	ohne P_2O_5	mit N	ohne N
7. Juli	12,97	14,40	13,91	13,46	13,95	13,42
20. „	16,25	18,60	17,74	17,19	17,53	17,33
4. Aug.	17,86	20,33	19,14	19,05	19,66	18,53
22. „	19,41	21,22	19,97	20,67	20,94	19,70

Die höchsten Gehalte an Trockensubstanz zeigten im allgemeinen die ungedüngte und die NP-Parzelle.

Aus dem Trockensubstanz der Knollen kann, wie schon erwähnt, deren Stärkegehalt durch einfache Subtraktion errechnet werden. Doch ist bei dieser Berechnung Voraussetzung, daß die Knollen ausgereift sind. Bei Betrachtung der Ergebnisse der letzten Ernte vom 22. August kann also ebenfalls der Schluß gezogen werden, daß der Stärkegehalt der Knollen durch Stickstoff, Phosphor und ungenügende Düngung erhöht wurde.

Der Gehalt der Knollen an Stickstoff wurde durch Stickstoffdüngung deutlich beeinflußt: er war besonders hoch bei der Parzelle N am 7. Juli: 2,40%. Doch zeigen alle N- und NP-Parzellen die Erhöhung des Stickstoffgehaltes. Durch Kali wurde

Tabelle 26.

Aschengehalt der Knollen.

Ernte am:	Parzelle	Frischgewicht	Gehalt an Tr.-Substanz	Gesamt-Tr.-Substanz	Gehalt der Tr.-Substanz an			Gesamt-			$\frac{N}{P_2O_5}$
					N	K_2O	P_2O_5	N	K_2O	P_2O_5	
		g	%	g	%	%	%	mg	mg	mg	
7. Juli	K	15,5	12,10	1,88	1,40	3,87	1,17	26,3	72,7	22,2	1,19
7. „	N	14,9	13,35	1,99	2,40	2,07	1,30	47,8	41,2	25,9	1,84
7. „	P	15,5	12,82	2,00	1,81	2,53	1,17	36,2	50,6	23,4	1,55
7. „	KNP	43,1	15,13	6,53	1,50	3,20	1,07	98,0	209,0	70,5	1,39
7. „	O	17,9	16,25	2,91	1,79	2,47	1,25	52,2	71,8	36,4	1,43
7. „	KN	40,7	12,13	4,86	1,48	3,23	1,29	72,0	156,0	62,8	1,14
7. „	KP	40,0	12,50	5,00	1,34	3,35	1,26	67,0	167,0	63,0	1,06
7. „	NP	37,7	15,18	5,72	1,75	1,96	1,20	100,0	112,0	68,6	1,46
20. Juli	K	103,1	16,31	16,81	1,28	3,18	1,00	216	535	168	1,28
20. „	N	101,1	18,41	18,61	1,78	1,58	0,93	395	318	187	1,92
20. „	P	54,6	18,41	10,05	1,30	2,18	1,11	131	219	112	1,17
20. „	KNP	291,7	17,35	50,50	1,40	3,04	1,09	707	1530	550	1,28
20. „	O	103,1	18,50	19,09	1,37	2,00	1,04	262	382	199	1,32
20. „	KN	159,1	15,25	24,30	1,47	3,04	1,13	358	740	275	1,30
20. „	KP	81,1	16,10	13,05	1,32	3,20	1,08	156	380	128	1,22
20. „	NP	92,4	19,10	17,65	1,81	2,10	1,01	320	370	178	1,79
4. Aug.	K	162,9	17,05	27,76	1,30	3,32	0,99	361	920	275	1,31
4. „	N	212,4	20,40	43,33	1,96	1,50	0,90	850	649	390	2,18
4. „	P	110,1	19,73	21,75	1,41	2,06	0,91	330	447	198	1,55
4. „	KNP	495,2	19,30	96,00	1,37	2,71	0,88	1320	2600	845	1,56
4. „	O	153,9	20,50	31,60	1,39	1,99	0,92	439	630	291	1,51
4. „	KN	327,1	18,25	59,70	1,50	2,78	0,85	895	1660	507	1,67
4. „	KP	154,6	16,85	26,05	1,21	3,12	0,88	310	813	229	1,37
4. „	NP	221,2	20,69	45,70	1,81	1,52	0,87	825	692	397	2,08
22. Aug.	K	308,5	17,92	55,20	1,33	3,09	0,92	735	1705	508	1,45
22. „	N	316,9	21,80	69,10	1,78	1,36	0,92	1260	940	630	1,94
22. „	P	141,0	19,80	27,50	1,50	2,14	0,91	413	589	250	1,65
22. „	KNP	540,5	20,30	111,00	1,39	2,71	0,84	1541	3010	933	1,65
22. „	O	241,0	22,30	53,60	1,41	1,90	0,83	755	1018	445	1,70
22. „	KN	487,3	20,65	101,00	1,57	2,85	0,79	1588	2880	699	1,99
22. „	KP	239,5	18,78	44,80	1,28	3,17	0,88	621	1535	427	1,45
22. „	NP	368,1	21,00	77,30	1,94	1,68	0,89	1500	1300	689	2,18

er vermindert; Phosphor wurde von Kali und Stickstoff in der Wirkung überdeckt; einen hohen Gehalt wies zu Beginn des Wachstums die ungedüngte Parzelle auf: 1,79%; doch ging er bei dieser schnell zurück; am 20. Juli war er schon auf 1,37% Stickstoff gefallen. Bei allen Parzellen außer Parzelle NP trat die schon bei der Untersuchung der Parzelle KNP festgestellte und erklärte Tatsache in Erscheinung, daß der Stickstoffgehalt zunächst fiel, um später konstant zu bleiben oder wieder anzusteigen. Während aber die Volldüngungsparzelle ihren niedrigsten Gehalt erst am 4. August mit 1,37% erreicht hatte, erreichten die andern Parzellen diesen schon am 20. Juli, abgesehen von Parzelle KP und NP. Die Aufnahme an Gesamtstickstoff verlief ähnlich der Trockensubstanzproduktion; doch kamen die Parzellen KN mit 1588 und NP mit 1500 mg Stickstoff der Volldüngungsparzelle mit 1541 mg an Gesamtleistung ungefähr gleich.

Der Kaligehalt der Knollen wurde durch die Kalidüngung stark erhöht, durch Stickstoff verringert. Am 22. August betrug er bei Parzelle K 3,09%, bei N 1,36%, bei Parzelle O 1,90%. Die Aufnahme an Gesamtkali verlief nicht entsprechend der Trockensubstanzproduktion: Die Parzelle K und KP erreichten bei einer Gesamttrockensubstanz von 5520 und 4480 mg eine Gesamtkalimenge von 1705 und 1535 mg, während die Parzellen N und NP bei 6910 und 7730 mg Trockensubstanz nur 940 und 1300 mg Kali brachten.

Der Phosphorgehalt der Knollen wurde sowohl durch Phosphor wie auch durch andere Düngung nicht beeinflußt. Die Aufnahme an Gesamtphosphor verlief entsprechend der Trockensubstanzproduktion.

Zusammenfassung.

Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse ist es möglich, ein Bild darüber zu gewinnen, inwiefern bei der Kartoffelpflanze durch verschiedene Düngung eine Abweichung von der normalen Entwicklung stattgefunden hat und in welcher Weise die einzelnen Nährstoffe die Pflanze beeinflußt haben.

Hecke[1]) berichtet auf Grund seiner Untersuchungen, die eben-

[1]) Die Nährstoffaufnahme der Kartoffelpflanze bei verschiedenen Düngungen im Verlaufe der Vegetationszeit. S. 325.

falls auf dem Göttinger E.-Feld angestellt waren, daß im allgemeinen der Verlauf der Nährstoffaufnahme der Kartoffelpflanze auch bei abweichender Düngung derselbe bleibt: daß also in der Jugendzeit das Bedürfnis und die Aufnahme an Stickstoff sehr hoch ist und daß die Kaliaufnahme erst in der zweiten Hälfte der Vegetation in Erscheinung tritt. — Im Gegensatz hierzu haben wir gesehen, daß, wenn im Boden sehr große Kalimengen vorhanden sind, schon in der Jugend die Aufnahme dieses Nährstoffes sehr intensiv ist, so daß das Maximum im Gehalt nicht erst in der Halbzeit erreicht wird. Die Kartoffelpflanze nimmt also die Nährstoffe, mit denen sie am stärksten gedüngt wird, nicht nur in größerer Menge, sondern auch zu einem früheren Zeitpunkt auf, als der Entwicklung und Knollenbildung wegen notwendig wäre.

Die Anwesenheit von Stickstoff bewirkt vor allem ein schnelles Jugendwachstum der Pflanzen; damit ist verbunden, daß Zahl und Länge der Stengel wie Zahl und Größe der Blätter ebenfalls günstig beeinflußt werden. Andererseits wird durch die Stickstoffdüngung die Vegetationsperiode verlängert; infolgedessen tritt der Abschluß im Wachstum der Knollen erst später ein. Eine spezielle Einwirkung auf die Gewebe des Stengels und der Knolle läßt der Stickstoff darum schlecht erkennen, weil die anderen beiden Nährstoffe von einer tiefer einschneidenden Wirkung sind. Bei der einseitig mit Stickstoff gedüngten Parzelle N war es die Phosphorsäure des Bodens, die die Stickstoffwirkung verdeckte.

Für den Einfluß des Stickstoffs auf die Zusammensetzung der Asche gilt ebenso wie für den Einfluß des Kalis der Satz: Die Kartoffel nimmt mehr von denjenigen Nährstoffen auf, mit denen sie am stärksten gedüngt ist. Infolgedessen wird durch Stickstoffdüngung der Stickstoffgehalt der ganzen Pflanze erhöht. Ebenso wird der Gehalt an Trockensubstanz und damit auch an Stärke infolge einseitiger Stickstoffdüngung höher als bei normaler Düngung. Im Gegensatz hierzu hatte VAGELER[1]) festgestellt: Je höher der Gehalt der Kartoffel an stickstoffhaltigen Bestandteilen, desto geringer ist der Stärkegehalt. Aber schon KRAFT[2]) hatte die Unrichtigkeit dieses Satzes erwiesen. — Der Kaligehalt von Knollen und Kraut wird durch Stickstoffdüngung etwas erniedrigt.

[1]) Über den Einfluß der Vegetationsperiode und der Düngung auf die chemischen Bestandteile der Kartoffelpflanze. S. 563.

[2]) Der Einfluß der Nährstoffe auf die Qualität der Kartoffel. S. 46.

Der Einfluß des Kalis macht sich unter normalen Verhältnissen erst in der zweiten Vegetationshälfte bemerkbar; seine Wirkungen auf die Kartoffelpflanze sind sehr charakteristisch und gut zu erkennen. Die Blätter zeigen infolge Kalidüngung deutlich eine schmale Form; sie sind, wenn die Beidüngung fehlt, außerdem sehr kräftig und dick. — Kali wirkt günstig auf die Epidermis, die Chlorophyllschicht und die Markstrahlen. Es verursacht eine gleichmäßige Anordnung der Zellschichten des Kollenchyms, kräftige Kantenverdickungen der Kollenchymzellen, eine starke Ausbildung der Ringe der Bastfasern und bewirkt vielfach die Anlage vierter Hauptgefäßbündelstränge. — Von Brehmer[1]) hat ebenfalls die Wirkung des Kalis auf den inneren Bau der Kartoffelpflanze untersucht und ist zu ähnlichen Ergebnissen gekommen. — Die Knollen werden durch Kalidüngung in ihrem durchschnittlichen Gewicht schwerer. — Kali wirkt erniedrigend auf Trockensubstanz- und Stickstoffgehalt, erhöhend auf den Kaligehalt der ganzen Pflanze.

Der Einfluß des Phosphors äußert sich in einer langsamen Anfangsentwicklung des Krautes und einer Beschleunigung der Reife der ganzen Pflanze. Phosphor ohne Beidüngung wirkt ungünstig auf die Größe der Blätter, auf die Ausbildung von Epidermis und Chlorophyllschicht und die Größe der Rindenparenchym- und Kollenchymzellen, auf den Durchmesser der Bastfasern und Holzgefäße sowie auf die Ausbildung der Markstrahlen. Bei den Knollen verursacht Phosphor eine dicke Schale und ein geringes Durchschnittsgewicht. Mit Kali und Stickstoff zusammen ergibt Phosphor eine kräftigere Ausbildung der Gefäßbündel. — Der Aschengehalt an Phosphor wird durch die Düngung mit diesem Nährstoff nicht verändert; ebenso nicht der Gehalt an Stickstoff und Kali. Doch findet eine Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes statt.

Bei der Betrachung der Wirkungsweise der einzelnen Nährstoffe hat sich gezeigt, daß auf dem Göttinger E-Feld Kali und Stickstoff am wichtigsten, Phosphor dagegen wegen des großen Bodenreichtums an diesem Nährstoff von untergeordneter Bedeutung ist. — Doch ist eine Höchstleistung nur durch die richtige Kombinatien aller drei Nährstoffe zu erreichen.

---

[1]) Der Einfluß des Kali auf den inneren Bau der Kartoffelpflanze. S. 274.

Arbeitsmethoden.

Die chemischen Untersuchungen wurden nach den im Institut üblichen Methoden angestellt. Wegen der zum Teil sehr geringen Stickstoff- und Phosphormengen hat sich für die Stickstoffbestimmung die Mikromethode, für die Phosphorbestimmung die alkalimetrische Methode nach NEUMANN gut bewährt.

Zur mikroskopischen Untersuchung wurden die Objekte nach bekanntem Verfahren in Paraffin eingebettet und mit dem Mikrotom in einer Dicke von 15—25 μ geschnitten. Wegen der Größe der Objekte und um ein Aufrollen und Reißen der Schnitte zu verhindern, empfahl es sich, dem Paraffin etwas Ceresin zuzusetzen und den Objekten vor jedem Schneiden ein angefeuchtetes Stückchen Seidenpapier aufzudrücken. — Zum Färben diente Saffranin, das den Holzteil, die Bastfasern und die Schale der Knollen gut hervorhob. — Von allen Objekten wurden Dauerpräparate hergestellt.

Literatur.

BEHRISCH, Chemische Untersuchungen über die Nährstoffverhältnisse des Göttinger E-Feldes. Inauguraldiss. Göttingen 1921.

v. BREHMER, Der Einfluß des Kali auf den inneren Bau der Kartoffelpflanze. Mitt. der biol. Reichsanstalt 1921, Heft 21.

ESMARCH, Beiträge zur Anatomie der gesunden und kranken Kartoffelpflanze. Landw. Jahrbücher 1919, Heft 2.

HECKE, Nährstoffaufnahmen der Kartoffelpflanzen bei verschiedenen Düngungen im Verlaufe der Vegetationszeit. Journ. f. Landw. 1895.

KELLERMANN, Die Kartoffelpflanze rücksichtlich der wichtigsten Baustoffe in den verschiedenen Perioden ihrer Vegetation. Inauguraldiss. Erlangen 1877.

KRAFT, Der Einfluß der Nährstoffe auf die Gestalt der Kartoffel. Inauguraldiss. Gießen 1919.

Ders., Der Einfluß der Nährstoffe auf die Qualität der Kartoffel. Arbeiten des Forschungsinstituts für Kartoffelbau, Heft 3.

LIEBSCHER, Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngerlehre. Journ. f. Landw. 1887.

ROSTWOROWSKY, Über die Wirkung der einseitigen Düngung auf die Zusammensetzung der Kartoffelasche. Journ. f. Landw. 1912.

v. SEELHORST, Das E-Feld des landw. Versuchsfeldes der Universität Göttingen.

SCHNEIDEWIND, Bericht über die Versuchswirtschaft Lauchstädt. Landw. Jahrbücher 1902.

VAGELER, Über den Einfluß der Vegetationsperiode und der Düngung auf die chemischen Bestandteile der Kartoffelpflanze. Fühlings landw. Zeitung 1906.

Ders., Über den Einfluß der Düngung auf den vegetativen Aufbau und den Ertrag der Kartoffel. Fühlings landw. Zeitung 1907.

Lebenslauf.

Ich, Werner Huxdorff, wurde am 4. September 1898 ev. Konfession als Sohn des Hamburger Staatsbeamten Franz Huxdorff und seiner Ehefrau Emmy, geb. Jahn, zu Hamburg geboren. Ich besuchte in Hamburg eine Realschule, darauf ein Realgymnasium bis zur Unterprima. Bei Kriegsausbruch verließ ich die Schule und trat im September 1914 als Freiwilliger bei dem Königl. Lauenburgischen Feldartillerie-Regiment 45 in Altona-Bahrenfeld ein. Nach mehrjährigem Frontdienst im Osten und Westen wurde ich im April 1918 zum Leutnant befördert. Meine Entlassung erfolgte im Januar 1919. Ich kehrte daraufhin in meine frühere Schule zurück, an der ich mir nach kurzer Zeit das Reifezeugnis erwarb. Da ich den Entschluß gefaßt hatte, mich einem landwirtschaftlichen Beruf zu widmen, ging ich im Frühjahr 1919 in die Praxis und verblieb darin 2 Jahre. Ostern 1921 ließ ich mich an der Georg-August-Universität in Göttingen immatrikulieren, um mich dem Studium der Landwirtschaft zu widmen. Im Sommer 1923 bestand ich die Prüfung eines Diplomlandwirtes, im Sommer 1924 die Saatzuchtinspektorprüfung. Seit dem Sommersemester 1923 beschäftigte ich mich auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Tornau mit Untersuchungen über die Entwicklung und Zusammensetzung der Kartoffelpflanze unter dem Einfluß der verschiedenen Düngungen auf dem Göttinger E-Feld.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Prof. Dr. Tornau für sein freundliches Entgegenkommen während meiner Studien an der Universität Göttingen und für die Förderung meiner Arbeit in jeder Richtung meinen ergebensten Dank auszusprechen.